



Developing a Socio-Economic Drought Index in the Agricultural Communities (Case Study: Zayandehroud Watershed)

S.M. Mousavi¹ and A. Shokoohi^{2*}

Abstract

One of the dimensions of sustainable livelihood, especially in rural communities, is to pay attention to the agricultural economy and the amount of income from agricultural products. In the present study, to evaluate the effects of drought on agricultural and rural communities, the Rural Socio-Economic Drought Index has been introduced. The index uses the income from cultivated areas, the household costs, and the financial ability to deal with the consequences of drought to take into account the Socio-economic conditions of communities in the face of drought. Due to the importance of the Zayandehroud basin as one of the most stressful basins, Isfahan and Chaharmahal and Bakhtiari provinces have been selected as the study area. The course of study includes 29 years from 1989-90 to 2016-17. The classification of the Rural Socio-Economic Drought Index was performed by the Jenks natural failure algorithm, and the area was zoned into low to severe crisis based on flexibility and ability to cope with the effects of drought in terms of impact on household income. The results showed that Falavarjan, Khomeini Shahr, Isfahan, and Najafabad regions were the most critical regions for respectively 18, 15, 12, and 8 years among the 9 regions of the Zayandehroud basin. The maximum intensity of rural socio-economic drought was obtained in Khomeini Shahr and Falavarjan regions as 6.77 and 6.37 units, respectively. The results of the application of this index were in good agreement with the field findings and it is a suitable indicator for assessing socio-economic drought.

Keywords: Rural Socio-Economic Drought, Agricultural Livelihoods, Vulnerability, Resilience, Crisis.

Received: June 15, 2020

Accepted: December 4, 2020

توسعه شاخص خشکسالی اقتصادی- اجتماعی در جامعه کشاورزان (مطالعه موردی: حوضه زاینده‌رود)

سیدمجتبی موسوی^۱ و علیرضا شکوهی^{۲*}

چکیده

یکی از ابعاد معیشت پایدار بخصوص در جوامع روستایی توجه به اقتصاد کشاورزی و میزان درآمد ناشی از تولیدات کشاورزی می‌باشد. در تحقیق حاضر به منظور ارزیابی اثرات خشکسالی بر جوامع کشاورزی و روستایی، شاخص خشکسالی اقتصادی- اجتماعی روستایی معرفی گردیده است. این شاخص برای در نظر گرفتن شرایط اقتصادی و اجتماعی جوامع در مواجهه با خشکسالی از درآمد حاصل از سطوح زیر کشت، هزینه خانوار و توانایی مالی مقابله با تبعات خشکسالی استفاده می‌نماید. با توجه به اهمیت حوضه زاینده‌رود به عنوان یکی از حوضه‌های پرتنش، مناطق این حوضه در دو استان اصفهان و چهارمحال و بختیاری به عنوان محدوده مورد مطالعه انتخاب گردیده‌اند. دوره مطالعاتی شامل ۲۹ سال از سال آبی ۶۹-۱۳۶۸ تا ۹۶-۱۳۹۵ است. طبقه‌بندی شاخص خشکسالی اقتصادی- اجتماعی با الگوریتم شکست طبیعی جنکر انجام و منطقه بر اساس انعطاف پذیری و توانایی مقابله با عوارض خشکسالی از منظر تأثیر بر درآمد خانوار به زون‌های بحران کم تا شدید تقسیم شد. نتایج نشان می‌دهد مناطق فلاورجان، خمینی‌شهر، اصفهان و نجف آباد به ترتیب ۱۸، ۱۵، ۱۲ و ۸ سال در بحرانی‌ترین شرایط در بین مناطق نه‌گانه حوضه زاینده‌رود قرار داشته‌اند. حداکثر شدت خشکسالی اقتصادی- اجتماعی روستایی در مناطق خمینی شهر و فلاورجان به ترتیب با ۶/۷۷ و ۶/۳۷ واحد به‌دست آمد. نتایج کاربرد این شاخص تطابق خوبی با یافته‌های میدانی داشت و آن را شاخص مناسبی برای ارزیابی خشکسالی اقتصادی- اجتماعی معرفی می‌نماید.

کلمات کلیدی: خشکسالی اقتصادی- اجتماعی روستایی، معیشت کشاورزی، آسیب‌پذیری، تاب‌آوری، بحران.

تاریخ دریافت مقاله: ۹۹/۳/۲۶

تاریخ پذیرش مقاله: ۹۹/۹/۱۴

1- Head of the Dams Operation and Maintenance, Group of Isfahan Regional Water Company and Responsible for the Secretariat of the Isfahan, Water Scarcity Adaptation Working Group.

2- Professor, Department of Water Engineering, Imam Khomeini International University, Qazvin, Iran. Email: shokoohi@eng.ikiu.ac.ir

*- Corresponding author

۱- رئیس گروه بهره‌برداری و نگهداری از سدهای شرکت آب منطقه‌ای اصفهان و مسئول کارگروه سازگاری با کم آبی استان اصفهان.

۲- استاد گروه مهندسی آب دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره)، قزوین، ایران.

*- نویسنده مسئول

بحث و مناظره (Discussion) در مورد این مقاله تا پایان بهار ۱۴۰۰ امکانپذیر است.

۱- مقدمه

تلاش برای حل مشکل کم‌آبی در حوضه زاینده‌رود قدمتی برابر با شکل‌گیری شهر اصفهان در پایاب این حوضه دارد. تأمین منابع جدید برای این حوضه نه تنها در درازمدت مشکلی را حل نکرده است بلکه نشانه‌هایی از تداوم بحران‌های اجتماعی در داخل حوضه و حتی سرایت آن به حوضه‌های مجاور را نشان داده است (Golkarami and Kaviani rad, 2017). این حوضه در حدود ۱/۹ درصد از مساحت کشور را پوشش می‌دهد و سهم بارش آن از کل بارندگی کشور، حدود ۱/۹۵ درصد است (Fathi, 2014). تأثیر رودخانه زاینده‌رود بر حیات شهر اصفهان در حدی است که همچون مصر که آن را هدیه نیل دانسته‌اند، از اصفهان نیز به عنوان هدیه زاینده‌رود یاد شده است. علت این موضوع محاصره اصفهان توسط کویر از سه سوی شمال، شرق و جنوب است و به همین دلیل اصفهان را شهری کویری به شمار آورده‌اند (Hoseini Abari, 2001). تغییرات اقلیمی و رشد جمعیت همراه با گسترش صنعت و تغییر کاربری زمین، شهر اصفهان را در معرض آسیب‌های زیست‌محیطی جدی قرار داده است (Yousefi et al., 2017). از دیرباز برای تأمین نیازهای جدید، طرح‌های انتقال آب بین حوضه‌ای اجرا گردیده است که اولین آن طرح تونل کوه‌رنگ در سال ۱۳۳۳ به بهره‌برداری رسید و تونل دوم کوه‌رنگ نیز از سال ۱۳۶۴ مورد استفاده قرار گرفت. برای تنظیم جریانات سطحی و کاهش اثرات خشکسالی عملیات احداث سد مخزنی زاینده‌رود از سال ۱۳۴۷ آغاز و سه سال بعد، این سد وارد مدار بهره‌برداری گردید. پس از آن توسعه شبکه‌های آبیاری و زهکشی مدرن در دستور کار قرار گرفت. مهمترین این شبکه‌های آبیاری، شبکه‌های آبیاری آبشار و نکوآباد هستند که در سال ۱۳۵۲ با مساحت تحت پوشش به ترتیب ۳۰ هزار هکتار و ۴۰ هزار هکتار آماده بهره‌برداری گردیدند (Zayandab Consulting Engineers, 2009).

خشکسالی به عنوان یکی از مخاطرات طبیعی به طور کلی پدیده پیچیده‌ای می‌باشد. چارچوب اقدام هیوگو^۱ مخاطره^۲ را این‌گونه تعریف می‌نماید: یک رویداد و پدیده‌ی فیزیکی و یا اقدام انسانی که می‌تواند بالقوه خسارت بار باشد و باعث مرگ یا جراحت، خسارت به دارایی‌ها، اختلال اجتماعی و اقتصادی و یا تخریب محیط زیست گردد. مخاطرات می‌توانند در عین آشکار بودن، در عین حال شرایط نهفته و ناپیدایی داشته باشند که موجب تهدید در آینده گردد و از خاستگاه‌های متفاوتی که می‌تواند طبیعی (زمین‌شناختی، آب و هواشناختی و زیست‌شناختی) و یا ناشی از فرآیندهای انسانی (تخریب محیط زیست و مخاطرات مرتبط با فن‌آوری) باشد، برخوردار می‌باشند (UNISDR, 2009).

بخش عوامل طبیعی، مخاطرات را می‌توان به دسته‌های ژئوفیزیکی (زمین‌زاد)، هیدرولوژیکی (آشناسی)، متئورولوژیکی (هواشناسی)، کليما‌تولوژیکی (آب و هواشناسی)، بیولوژیکی (زیست‌شناسی) و فرازمینی تقسیم‌بندی نمود. در این میان، سهم قابل‌توجهی از مخاطرات طبیعی، مرتبط با پدیده‌های آب و هوایی و اقلیمی بوده‌اند که به عنوان نمونه بر اساس گزارش CRED در سال ۲۰۱۶ هر چند در سطح جهانی تعداد مخاطرات طبیعی ثبت شده نسبت به دهه ۲۰۱۵-۲۰۰۶ کاهش داشته است، اما کماکان مخاطرات طبیعی مرتبط با این دو عامل روند افزایشی را نشان داده‌اند (UNISDR-CRED, 2019). تعداد خشکسالی‌ها در سال ۲۰۱۶ نسبت به متوسط دهه گذشته افزایش حدود ۱۹٪ نشان می‌دهد. در این سال ۵۶۹ میلیون نفر در سراسر جهان تحت تأثیر مخاطرات طبیعی قرار گرفته‌اند. مخاطرات طبیعی در سال ۲۰۱۶ خسارت اقتصادی بالغ بر ۹/۳ تریلیون دلار را به جوامع تحمیل نموده است (Guha-Sapir et al., 2016). اطلاعات مؤسسه CRED برای سال ۲۰۱۸ میزان افراد تحت تأثیر خشکسالی در کشورهای کنیا، افغانستان، آمریکای مرکزی، گواتمالا، هندوراس، اسالوادور و نیکاراگوئه را معادل ۹/۳ میلیون نفر اعلام و تأثیر این خشکسالی‌ها بر مهاجرت در تعدادی از این کشورها را خاطر نشان می‌نماید (UNISDR-CRED, 2019). به عنوان نمونه Maryanaj et al. (2017) کاهش خشکسالی و کاهش عملکرد گندم طی سال‌های ۱۳۸۵-۱۳۸۰ را عامل مؤثر در بیش از ۴۰ درصد مهاجرت‌های روستایی در استان همدان شناخته‌اند.

خشکسالی در مقایسه با سایر مخاطرات طبیعی دارای ویژگی‌های منحصر به فردی است. نخستین ویژگی، وسعت مناطق تحت تأثیر خشکسالی است که نسبت به سایر مخاطرات، گستره‌ی جغرافیایی بیشتری را می‌تواند تحت تأثیر قرار دهد (Tsakiris et al., 2007). این موضوع به افزایش جمعیت در معرض خطر خشکسالی (Wilhite, 2017)، گسترش خسارت آن (Ding et al., 2011) و نیز به تعدد و تنوع بخش‌های مختلف مصرف که تحت تأثیر قرار می‌گیرند، می‌انجامد (Jenkins, 2011; Van Lanen et al., 2016). ویژگی دوم خشکسالی شناخت کمتر و وجود کمبودهای علمی بیشتر در مقایسه با سایر مخاطرات طبیعی است (Mishra Smakhtin, 2001; and Singh, 2010). سومین ویژگی خشکسالی، عدم امکان تعیین زمان دقیق شروع و پایان آن است که به علت تجمع اثرات خشکسالی در طول زمان و بروز آن به مرور و تا سال‌ها بعد از پایان خشکسالی می‌باشد. چهارمین خصوصیت، فقدان تعریف مشخص برای خشکسالی می‌باشد (Mishra and Singh, 2010) است که در نتیجه، مطالعه و مدیریت موضوع خشکسالی را در عین پیچیدگی، الزامی می‌نماید (Van Loon, 2013). مورد دیگری که مطرح می‌باشد آن است که خشکسالی

عوامل انسانی در وقوع خشکسالی انسان ساخت و تشدید اثرات آن مؤثر بوده است (Jenkins, 2011; Van Loon et al., 2016). اغلب محققان به این نکته اشاره دارند که تحت شرایط تغییر اقلیم، بیشترین اثرات خشکسالی را بخش کشاورزی متحمل خواهد شد (Massarutto Törnros and Menzel (2014). به عنوان نمونه (et al., 2013). نشان داده‌اند که در آینده منطقه جنوب شرق مدیترانه بویژه بخش کشاورزی با افزایش نیاز آبیاری، افزایش قابل توجهی در وقوع خشکسالی را تجربه خواهد نمود. اثرات خشکسالی بر اقتصاد، هم در تولیدکنندگان به دلیل تغییر در تولید یا قیمت و هم در مصرف‌کنندگان با تغییر در رفتار مصرف‌کنندگان میانی یا نهایی نمود می‌یابد (Massarutto et al., 2013). تحقیقات انجام شده در مورد خشکسالی عموماً به ارائه شاخص‌های خشکسالی‌های هواشناسی، هیدرولوژیکی و کشاورزی پرداخته و بیشتر در صدد تعریف نوع، بزرگی و شدت خشکسالی بوده‌اند. در خصوص اثرات اقتصادی- اجتماعی خشکسالی تحقیقات انجام شده بسیار محدود بوده و محدود تحقیقات انجام شده نیز تنها بخش تأمین آب شهری را در نظر گرفته‌اند و اثرات آن بر بخش کشاورزی مورد بررسی قرار نگرفته است (Musolino et al., 2017). هر چند با افزایش جمعیت و تغییرات آب و هوایی اهمیت خشکسالی اقتصادی- اجتماعی افزایش می‌یابد اما در عمل، تحقیقات زیادی در این موضوع صورت نگرفته است (Shi et al., 2018). محدود تحقیقات موجود نیز معطوف به توسعه شاخصی چندگانه مشتمل بر شاخص بازگشت‌پذیری و اعتمادپذیری مخازن بوده و کمتر به اثرات اقتصادی یا اجتماعی خشکسالی بر بخش کشاورزی توجه نموده‌اند (Mehran et al., 2015; Zhao et al., 2019). تخمین زده می‌شود که هر یک میلی‌متر کاهش بارندگی در کشور در حدود ۹۰ میلیون دلار خسارت در بر دارد (Madani et al., 2016). به نقل از (Ghaffari, 2016). در همین زمینه میزان خسارت خشکسالی در استان اصفهان طی سال‌های ۸۲-۱۳۷۸ به ترتیب معادل ۲۳۶۹، ۲۷۸۷، ۳۳۶۶ و ۲۳۵۱ میلیارد ریال برآورد گردیده است (Varesi et al., 2010). بنابراین تحقیق در مورد این نوع از خشکسالی و برآورد ابعاد اقتصادی و اجتماعی خشکسالی الزامی می‌نماید.

برای نخستین بار (Mehran et al., 2015) شاخص چند متغیره‌ای را برای خشکسالی اقتصادی- اجتماعی به نام MSRRRI^۳ معرفی نمودند. شاخص توسعه داده شده توسط این محققین دو رویکرد بالا به پایین با لحاظ پدیده‌های طبیعی مانند تغییر اقلیم و رویکرد پایین به بالا با لحاظ میزان مقاومت محلی و ظرفیت اجتماعی برای سازگاری با کم‌آبی را در بر می‌گیرد. این شاخص از مفاهیم اعتمادپذیری، بازگشت‌پذیری و آسیب‌پذیری برای تأمین آب از سدها استفاده می‌کند و به همین دلیل در بررسی عملکرد مخازن ذخیره آب بر خشکسالی

پدیده‌ای نیست که به طور مستقیم بتوان آن را اندازه‌گیری نمود. برای شناخت و اندازه‌گیری خشکسالی باید اثرات آن را کمی کرد و از روی آن کمیت‌ها خشکسالی را ارزیابی نمود.

خشکسالی را به انواع مختلفی نظیر خشکسالی هواشناسی، هیدرولوژیکی، کشاورزی و اقتصادی- اجتماعی تقسیم‌بندی کرده‌اند (Wilhite and Glantz, 1985). به صورت کلی خشکسالی هواشناسی ناشی از کاهش بارش می‌باشد که با گذشت زمان باعث کمبود رطوبت خاک یا خشکسالی کشاورزی می‌گردد. کاهش رطوبت خاک طی خشکسالی کشاورزی نهایتاً منجر به کاهش رواناب‌های سطحی یا وقوع خشکسالی هیدرولوژیکی می‌شود. خشکسالی آب زیرزمینی در اثر تداوم دوره‌های خشک که عدم تغذیه مناسب آب‌های زیرزمینی را در پی دارد، بوجود می‌آید. خشکسالی اجتماعی- اقتصادی به دلیل این که انعکاس‌دهنده عرضه و تقاضای محصولات و کالاهای اقتصادی وابسته به بارش است، تفاوت قابل توجهی با سایر انواع خشکسالی دارد. این نوع از خشکسالی زمانی اتفاق می‌افتد که کمبود بارش باعث عدم تعادل عرضه و تقاضا برای یک کالای اقتصادی گردد که می‌تواند ناهنجاری‌های اجتماعی و اقتصادی را در پی داشته باشد (Safari, 2015; Shi et al., 2018). شکل ۱ ترتیب وقوع انواع خشکسالی را نشان می‌دهد.

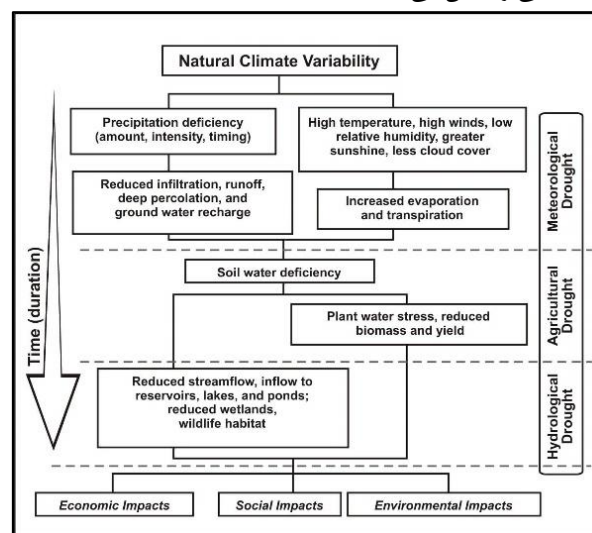


Fig. 1- The general sequence of occurrence of different drought types (NDMC, 2020)

شکل ۱- ترتیب عمومی وقوع انواع خشکسالی (NDMC, 2020)

هرچند انتظار می‌رود در سال‌های آینده به دلیل تغییرات اقلیمی، خشکسالی و اثرات اقتصادی- اجتماعی آن افزایش یابد (Wilhite, 2017)، اما عوامل اقلیمی به تنهایی بر وقوع خشکسالی مؤثر نیستند و چنانچه تحقیقات نشان داده است در مواردی نقش

می‌تواند کاربرد داشته باشد و از پرداختن به جوامع روستایی و تأثیر خشکسالی بر درآمد یا هزینه‌ها باز می‌ماند. در حقیقت این محققین رویکرد پایین به بالا را با مفهوم تاب‌آوری به کار می‌برند. توانایی یک سامانه اجتماعی یا زیستی برای جذب یا روبرویی با یک اختلال به‌گونه‌ای که ساختارها قادر به ادامه عملکرد اساسی و بازساماندهی باشند، به عنوان تاب‌آوری^۴ شناخته می‌شود (Gunderson, 2002). با کاربرد تعریفی از خشکسالی اقتصادی- اجتماعی که این نوع خشکسالی را ناشی از عدم برآورده‌سازی نیازهای آبی توسط سامانه‌های منابع آب می‌داند، Zhao et al. (2019) به بررسی عوامل موثر بر شاخص خشکسالی اقتصادی- اجتماعی MSRRRI پرداخته و این شاخص را توانا یافتند. بررسی خشکسالی اقتصادی- اجتماعی بر مبنای کمبود جریان رودخانه با شاخص SEDI^۵ توسط Shi et al. (2018) انجام گردید. هر چند این شاخص نسبت به MSRRRI شرایط را در رودخانه‌ها با در نظر گرفتن کمبود آب و تداوم خشکسالی بهتر تصویر می‌کند و می‌توان گفت به شرایط محلی و تولید کشاورزی نزدیکتر است، اما باز هم در شناسایی وضعیت اقتصاد کشاورزی ضعیف عمل می‌کند و صرفاً به موضوع با دید منابع آب می‌نگرد و عکس‌العمل کشاورزان در روبرویی با خشکسالی را در نظر نمی‌گیرد. بررسی آسیب‌پذیری نسبت به تأثیر خشکسالی بر حوزه سلامت نشان داده است که این اثرات در کشور کانادا می‌تواند ناشی از مباحث جمعیت‌شناسی مانند پیری جمعیت و گسترش بیماری‌های مزمن، روندهای اقتصادی- اجتماعی و تأثیری که بر ظرفیت‌های سازگاری مانند خدمات بهداشتی دارد، باشد و میزان در معرض بودن به دلیل هم‌زمانی با سایر پدیده‌های حدی جوی مثل موج گرما نیز خود عاملی برای تشدید آسیب‌پذیری گردد (Peter et al., 2019). بررسی تأثیر خشکسالی بر سلامت روانی کشاورزان در حوزه مورای- دارلینگ استرالیا که توسط Daghigh Yazd et al. (2020) انجام شده است نیز، حاکی از تشدید مخاطرات سلامت روان ناشی از ترکیب خشکسالی با بحران‌های مالی است. این محققین نقش دو عامل تعداد روزهای بارانی و تخصیص آب فصلی از منابع آب سطحی را بر سلامت روانی کشاورزان معنی‌دار یافته‌اند. ارزیابی عوامل موثر بر آسیب‌پذیری ناشی از خشکسالی شهری نیز نشان داد که عوامل اقتصادی و اجتماعی بیشترین تأثیر بر آسیب‌پذیری ناشی از خشکسالی را در مناطق مورد مطالعه از کشور چین داشته‌اند (Wang et al., 2020). نتایج یک پژوهش نقش آمادگی برای سازگاری اقتصادی- اجتماعی و حکمرانی در کاهش آسیب‌پذیری ۱۹۲ کشور جهان را به اثبات می‌رساند (Sarkodie and Strezov, 2019).

بررسی خشکسالی‌های حوزه زاینده‌رود در دوره زمانی ۷۸-۱۳۵۸ نشان از استعداد بالای بخش وسیعی از حوزه برای قرارگیری در

شرایط خشکسالی شدید با دوره بازگشت ده ساله بر مبنای شاخص SPI است که برای مناطق پایین‌دست حوزه به کمتر از ده سال نیز می‌رسد (Motevali Bashi Naeini et al., 2020). اثرات این خشکسالی و خشکی مکرر رودخانه زاینده‌رود در بازه واقع در شهر اصفهان علاوه بر تخلیه‌ی آب زیرزمینی و نشست زمین، به عاملی برای تهدید توسعه‌ی شهری و دارایی شهروندان در اصفهان تبدیل شده است (Saravi et al., 2019).

در تحقیق حاضر با کاربرد داده‌های اقتصادی شامل درآمد و هزینه‌های خانوار کشاورز و استخراج هزینه‌های اجتناب‌ناپذیر خانوار به عنوان آستانه تحمل اقتصاد خانوار کشاورز در برابر خشکسالی و برهم‌نهی نوآورانه آن با داده‌های سرشماری عمومی و در نهایت با تعیین درآمد حاصل از محصولات زراعی و باغی، شاخص خشکسالی اقتصادی- اجتماعی روستایی توسعه داده می‌شود. استفاده از این دو دسته داده برای توسعه‌ی شاخصی به عنوان معرف خشکسالی اقتصادی- اجتماعی تاکنون صورت نگرفته است و لذا از این منظر شاخص معرفی شده ابتکاری است که با کاربرد آن می‌توان آستانه‌ی بحران خشکسالی اقتصادی- اجتماعی را در حوزه، شناسایی و حوزه را بر حسب درجه بحران زون‌بندی نمود. شاخص مذکور به صورت نسبت درآمد محصولات زراعی و باغی به هزینه‌های اجتناب‌ناپذیر خانوار کشاورز تعریف می‌گردد و برای نخستین بار و به صورت موردی در سطح حوزه آبریز زاینده‌رود بسط و توسعه داده می‌شود.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- منطقه مطالعاتی

حوزه زاینده‌رود با مساحت ۲۶۹۱۷ کیلومتر مربع بخش وسیعی از حوزه گاوخونی از زیرحوضه‌های حوزه اصلی درجه ۲ فلات مرکزی را پوشش می‌دهد. مساحت حوزه گاوخونی ۴۱۵۵۲ کیلومتر مربع است که از منطقه کوه‌رنگ و ارتفاعات زردکوه بختیاری شروع و در انتهای خود، تالاب گاوخونی را در بر می‌گیرد. به دلیل وسعت کم اراضی کشاورزی واقع در استان‌های فارس و یزد که عملاً تأثیری بر نتایج نمی‌توانستند داشته باشند، حوزه مورد مطالعه محدود به حوزه زاینده‌رود و مناطق کشاورزی این حوزه در استان‌های اصفهان و چهارمحال و بختیاری گردید. شهر اصفهان بر مبنای روش دومارتن دارای اقلیم فراخشک سرد است. بخش وسیعی از استان اصفهان را اقلیم خشک دربر گرفته است و این امر بیش از همه معلول کم بودن باران سالیانه در بسیاری از مناطق استان و بالا بودن نرمال سالیانه دما در گستره‌های وسیعی از استان اصفهان می‌باشد. استان اصفهان را از نظر اقلیم می‌توان به سه ناحیه آب و هوایی مدیترانه‌ای شامل شهرهای

شهرستان‌های واقع در هر منطقه مشخص گردیده است. همچنین در شکل ۲ موقعیت مناطق نسبت به حوضه زاینده‌رود نشان داده شده است.

۲-۲- داده‌های اقتصادی- اجتماعی

در دوره داده‌برداری مورد بحث در این تحقیق از سالنامه‌های آماری سازمان جهاد کشاورزی شامل داده‌های سطوح زیر کشت و میزان تولید هر یک از محصولات زراعی و باغی در دو استان اصفهان و چهارمحال و بختیاری و به تفکیک شهرستان استفاده به عمل آمده است. برای استان اصفهان این داده‌ها از سال ۱۳۶۸ تهیه گردید و برای استان چهارمحال و بختیاری با استفاده از سالنامه‌های آماری و نیز مطالعات صورت گرفته در حوضه نسبت به تعیین الگوی کشت و سطح زیر کشت زراعی و باغی مربوط به قبل از دهه هشتاد، اقدام شد. همچنین از آمارنامه سال ۱۳۹۶ سازمان جهاد کشاورزی چهارمحال و بختیاری و نیز درگاه ملی آمار به عنوان قیمت پایه محصولات کشاورزی حوضه استفاده گردید. مرکز آمار ایران با همکاری وزارت جهاد کشاورزی در سال‌های ۱۳۸۲ و ۱۳۹۳ نسبت به سرشماری عمومی کشاورزی در سطح کشور و به تفکیک شهرستان اقدام نموده است که اطلاعات مربوط به تعداد بهره‌برداران کشاورزی شامل بهره‌برداران باغی، باغ و گلخانه مورد نیاز در تحقیق حاضر را بدست داده است.

یکی از مهم‌ترین داده‌های مورد استفاده در محاسبه شاخص خشکسالی اقتصادی- اجتماعی، درصد خانوارهای روستایی دارای بهره‌برداران کشاورزی می‌باشد که با مقایسه تعداد بهره‌برداران کشاورزی هر شهرستان و تعداد خانوارهای آن شهرستان که از آخرین سرشماری عمومی نفوس و مسکن ۱۳۹۵ در دسترس است، تعیین می‌گردد. مرکز آمار ایران هر ساله با نمونه‌گیری در سطح استان‌های کشور، نسبت به تعیین هزینه و درآمد خانوار به تفکیک مناطق شهری و روستایی اقدام می‌نماید.

کلپایگان، خوانسار، فریدن، فریدونشهر و سمیرم با میانگین بارندگی سالانه بین ۳۰۰ الی ۶۰۰ میلی‌متر، ناحیه آب و هوای نیمه خشک شامل شهرستانهای اصفهان، نجف آباد، خمینی‌شهر، لنجان، مبارکه، فلاورجان و شهرضا با میانگین بارندگی سالانه ۱۱۰ الی ۱۶۰ میلی‌متر و بالاخره نواحی کویری نیمه خشک در شمال شرقی و شرق شامل شهرستانهای آران و بیدگل، کاشان، نایین، اردستان، قسمتی از برخوار و میمه با بارندگی سالانه بین ۷۵ الی ۱۱۰ میلی‌متر دانست. علاوه بر رودخانه‌های اصلی این حوضه یعنی رودخانه‌های زاینده‌رود، مرغاب و گلپایگان، رودخانه‌های کاسگان، ماربر، ونک، شمس‌آباد، حنا، آبخورسنگ، هونه‌جان و دیزج نیز در این استان جاری است که اغلب آنها به زاینده‌رود می‌ریزند. در مجموع می‌توان گفت مناطق مرکزی و شرقی فاقد رودخانه‌های دائمی و پر آب هستند. متوسط حجم آب رودخانه‌های استان بالغ بر ۲۲۲۴/۴ میلیون مترمکعب در سال گزارش گردیده است که بیش از ۵۰ درصد آن به زاینده‌رود تعلق دارد (Isfahan Met. Organization, 2016). در این استان علاوه بر باغات، انواع کشت به اعتبار استفاده از آبهای سطحی و زیرزمینی صورت می‌گیرد به نحوی که گندم، جو و ذرت علوفه‌ای کشت غالب و بادام، گردو، انگور و انار از محصولات باغی عمده آن به حساب می‌آید.

با توجه به این که در طول دوره داده‌برداری مورد استفاده در این تحقیق (۱۳۶۸-۱۳۹۶) بعضی از شهرستان‌ها به لحاظ تقسیمات سیاسی، تغییراتی نموده‌اند و از شهرستان‌های قدیم، بخش‌هایی جدا و به عنوان شهرستان جدید تشکیل شده‌اند، برای پرهیز از خطای ناشی از تخصیص و تقسیم سطوح بین شهرستان‌های قدیم و جدید، حوضه به ۹ منطقه سیاسی تفکیک گردیده است که با تقسیمات جدید سیاسی، برخی از این مناطق نماینده چند شهرستان هستند. بنابراین منطقه‌بندی بر مبنای تقسیمات سیاسی صورت گرفته است تا داده‌های مورد نیاز شامل داده‌های کشاورزی و اقتصادی و جمعیتی قابل تطبیق با مناطق باشند. جدول ۲ مناطق نه‌گانه حوضه را نشان می‌دهد که در آن

Table 1- The nine regions of the study area
جدول ۱- مناطق نه‌گانه مورد مطالعه

Attributed region	Province	Townships included
Isfahan	Isfahan	Isfahan
Borkhar	Isfahan	Borkhar & Meimeh
Shahreza	Isfahan	Shahreza & Dehaghan
Fereidan	Isfahan	Fereidan, Bouein va Miandasht & Chadegan
Najafabad	Isfahan	Najafabad & Tiran va Karvan
Khomeinishahr	Isfahan	Khomeinishahr
Felavarjan	Isfahan	Felavarjan
Lenjan	Isfahan	Lenjan & Mobarakeh
Charmahal va Bakhtyari	Charmahal va Bakhtyari	Ben, Saman, parts of Kuhrang & Shahrekord

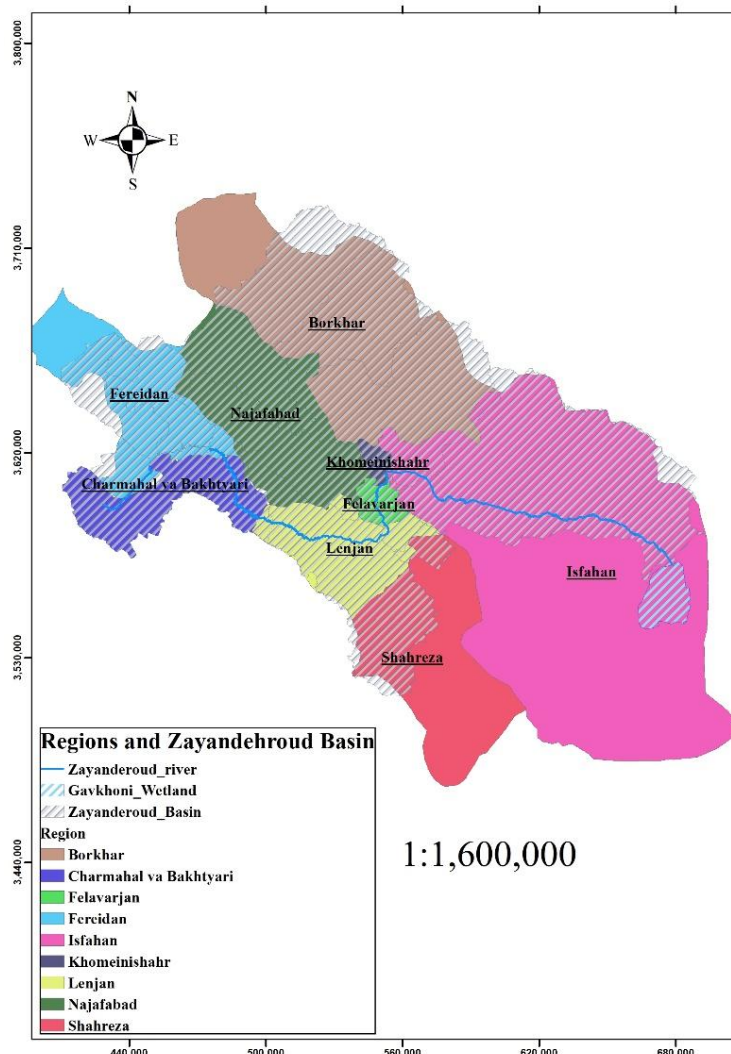


Fig. 2- Location of regions in Zayandehroud basin
 شکل ۲- موقعیت مناطق نسبت به حوضه زایندهرود

درآمد و هزینه‌ها) از هر یک از سال‌های آماری به سال مبنای محاسبات ۱۳۹۶ از شاخص کل بهای مصرف‌کننده که توسط مرکز آمار ایران ارائه شده، استفاده گردیده است. بنابراین کلیه محاسبات مربوط به درآمد و هزینه به قیمت سال ۱۳۹۶ تبدیل گردیده است.

۲-۳- سطوح زیر کشت

شکل ۳ سری زمانی مربوط به سطح زیر کشت مناطق نه‌گانه واقع در حوضه زایندهرود (جدول ۱) را نشان می‌دهد. کمترین سطح زیر کشت مربوط به سال ۱۹۹۹ (سال ۱۳۷۹-۱۳۷۸) است که مصادف با خشکسالی بزرگ و شدید در حوضه است. خشکسالی مزبور آن‌چنان تأثیری بر حوضه زایندهرود برجای گذاشت که از آن سال به بعد، حوضه به لحاظ ماهیت مصارف و تغییر بارش در فاز جدیدی قرار گرفت

درآمد باغی و زراعی از میزان تولید هر یک از محصولات در مناطق و درآمد و هزینه خانوار بنا به تعاریف و استانداردهای مرکز ملی آمار شامل درآمد ناشی از تمامی فعالیت‌های خانوار از مشاغل گوناگون می‌باشد.

در برآورد هزینه‌ها، سهم هزینه هر یک از اقلام هزینه‌ای خانوار به تفکیک مشخص گردیده است. آمار درآمد و هزینه خانوار به صورت استانی از سال ۱۳۸۱ تاکنون را می‌توان از درگاه ملی آمار دریافت نمود و برای سال‌های قبل از آن، این آمار به صورت متوسط کشوری در اختیار می‌باشد. یکی از اقلام هزینه‌ای شاخص که در محاسبه شاخص خشکسالی مهم است، سهم هزینه‌های خوراکی و دخانی نسبت به کل هزینه خانوار می‌باشد که در مجموعه داده‌های ذکر شده وجود داشته و قابل استخراج به صورت سری زمانی می‌باشد. برای تبدیل قیمت‌ها

مجدد در حالی که متحمل تغییر شده، به طوری که سیستم هنوز وظیفه، ساختار، مشخصات و بازخورهای یکسانی را حفظ کند (Ghiasvand and Abolshad, 2016). از میان انواع مخاطرات و تاب‌آوری‌ها، در شاخص خشکسالی اقتصادی- اجتماعی تاب‌آوری اقتصادی در اجتماع کشاورزان که قابل اندازه‌گیری و ارائه به صورت کمی می‌باشد مدنظر است. یکی از عوامل مؤثر بر تاب‌آوری یک جامعه در مقابل خشکسالی خالص درآمد حاصل از مشاغل می‌باشد (Heidari Sareban and Majnoui Toutakhaneh, 2017). برای تعیین تاب‌آوری ابتدا پارامترهایی مانند باقیمانده درآمد و اثرپذیری شغل (در اینجا کشاورزی) از خشکسالی تعریف و محاسبه می‌گردند. باقیمانده منابع درآمدی در اختیار خانوار از تفاضل هزینه‌های بنیادی لازم برای بقا یعنی هزینه‌های خوراکی و دخانی خانوار از کل درآمدهای خانوار برای هر سال محاسبه و به قیمت سال مبنا (در اینجا ۱۳۹۶) تبدیل می‌گردد. توضیح اینکه مرکز آمار ایران هر ساله نسبت به آمارگیری درآمد و هزینه خانوار به تفکیک منابع درآمدی و هزینه‌ای همراه با تفکیک شهری و روستایی و استانی اقدام می‌نماید که از نتایج این طرح در محاسبات استفاده شده است. معادله (۱) باقیمانده منابع درآمدی در اختیار خانوار بر حسب هزار ریال در سال را بر حسب هزینه و درآمد خانوار بدست می‌دهد:

(Moradi et al., 2011; Faramarzi, 2014). در دوره ۱۷ ساله‌ی اخیر، حوضه با ترسالی‌های استثنایی نیمه دهه ۱۳۸۰ نیز روبرو بوده است ولی بلافاصله پس از آن خشکسالی ممتد بر حوضه سایه افکنده است. نوسانات سطوح زیرکشت در شکل ۳ می‌تواند تا حدودی منعکس کننده صدمات و اثرات خشکسالی‌های یاد شده باشد.

۴-۲- توسعه شاخص خشکسالی اقتصادی- اجتماعی^۵

شاخص خشکسالی اقتصادی- اجتماعی از آنجا که بر مبنای آسیب‌پذیری جوامع می‌باشد به تأثیرپذیری جوامع از خشکسالی بستگی دارد. شرحی از دیدگاه‌های موجود در این زمینه را در Kok and Jäger (2013) می‌توان یافت. برخلاف سایر شاخص‌های خشکسالی که براساس مقایسه با شرایط بهینه طبیعی و موجود بدست می‌آیند و لذا به عنوان مثال همواره برای مقدار معینی بارش جوابهایی مشخص و یکسان بدست می‌دهند، یک مقدار معین از این شاخص برای دو جامعه در یک منطقه اقلیمی ولی با شرایط متفاوت اقتصادی و اجتماعی نتایج متفاوتی بدست می‌دهد. این پتانسیل در شاخص خشکسالی اقتصادی- اجتماعی به واسطه استفاده از عاملی به عنوان تاب‌آوری فراهم می‌آید. ساده‌ترین تعریفی که می‌توان برای تاب‌آوری ارائه نمود عبارت است از: توانایی یک سیستم جهت جذب آشفتگی و سازماندهی

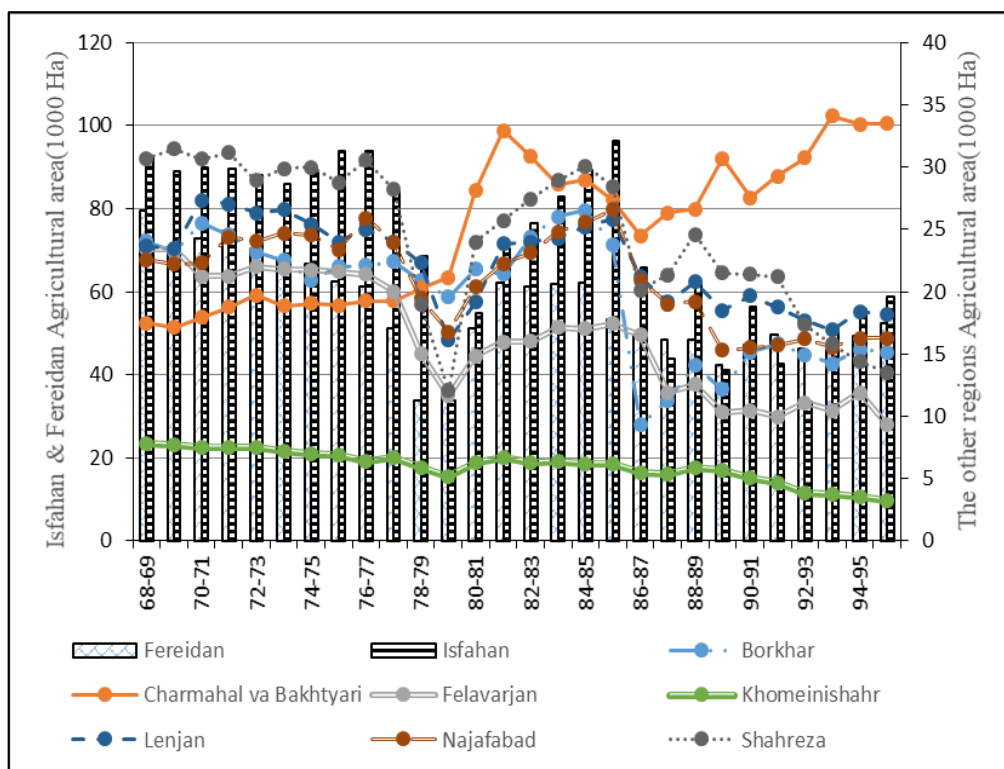


Fig. 3- Variation of cultivation area in Zayandehroud basin

شکل ۳- تغییرات سطح زیر کشت مناطق در حوضه زاینده‌رود

$$MA_{Rural\ or\ Urban} = \frac{Benefit_{Rural\ or\ Urban} - Edible\ Cost_{Rural\ or\ Urban}}{\quad} \quad (1)$$

باغی منطقه بر مبنای قیمت‌های سال ۱۳۹۶ در طی دوره (میلیون ریال) است.

برای توسعه شاخص خشکسالی اقتصادی- اجتماعی، پارامتر آسیب‌پذیری منطقه‌ای برای سال i و منطقه j (K_{ij}) مطابق رابطه (۵) تعریف می‌گردد:

$$K_{ij} = (1 - \varphi_{ij}) * K_j \quad (5)$$

که در آن: K_j حداکثر تأثیرپذیری منطقه از خشکسالی است (معادله ۴)، φ_{ij} نسبت معرف وضعیت کشاورزی سال i م در مقابل سال حداکثر برداشت و $(1 - \varphi_{ij})$ آسیب‌پذیری نسبی است که از رابطه‌ی (۶) بدست می‌آید:

$$(1 - \varphi_{ij}) = 1 - \left(\frac{Product_i - Product_{min}}{Product_{max} - Product_{min}} \right) \quad (6)$$

که در آن $Product_i$ = ارزش تولید در سال مورد نظر و بر مبنای قیمت‌های سال ۱۳۹۶ (میلیون ریال) و آسیب‌پذیری منطقه‌ای (K_{ij}) بر حسب میلیون ریال و بر مبنای قیمت‌های سال ۱۳۹۶ بیان می‌گردد. با این تعریف آسیب‌پذیری منطقه‌ای در هر سال عددی مثبت و حداقل برابر صفر خواهد بود.

در تحقیق حاضر برای تعریف شاخص خشکسالی اقتصادی- اجتماعی از مفهوم شاخص بحران که در مدل مفهومی Plate (2006) تعریف شده است و برای هر نوع شاخصی قابل تعمیم می‌باشد استفاده شده است. شاخص بحران در مدل Plate (2006) عبارت است از نسبت میزان آسیب وارده به توانایی مالی برای مقابله با بحران حادث شده. با بهره‌برداری از این مفهوم، شاخص خشکسالی اقتصادی- اجتماعی روستایی به صورت نسبت آسیب‌پذیری منطقه‌ای به باقیمانده منابع درآمدی در اختیار منطقه تعریف و در معادله‌ی (۷) نشان داده شده است:

$$RSEDI = \frac{K_{ij}}{MA_{Region}} \quad (7)$$

که در آن $RSEDI$ = شاخص خشکسالی اقتصادی- اجتماعی، K_{ij} = آسیب‌پذیری منطقه j بر مبنای قیمت سال ۱۳۹۶ در هر سال i (میلیون ریال) و MA_{Region} = باقیمانده منابع درآمدی در اختیار منطقه بر مبنای قیمت سال ۱۳۹۶ در هر سال (با تبدیل واحد بر حسب میلیون ریال) می‌باشند. براین اساس، شاخص خشکسالی اقتصادی- اجتماعی عددی بدون بعد است که نشان می‌دهد در هر سال، منطقه به چه میزان تحت تأثیر خشکسالی یا تر سالی بوده است و چنانچه در سال مورد نظر سطح زیرکشت بیشتر از سطح زیرکشت نرمال (چارک سوم

که در آن $MA_{Rural\ or\ Urban}$ = باقیمانده منابع درآمدی در اختیار خانوار شهری یا روستایی بر مبنای قیمت‌های سال ۱۳۹۶، $Benefit_{Rural\ or\ Urban}$ = درآمد سالانه‌ی خانوار شهری یا روستایی بر مبنای قیمت‌های سال ۱۳۹۶، $Edible\ Cost_{Rural\ or\ Urban}$ = هزینه سالانه خوراکی خانوار شهری یا روستایی بر مبنای قیمت‌های سال ۱۳۹۶، برای تعیین باقیمانده منابع درآمدی در اختیار منطقه (MA_{Region})، لازم است نسبت بهره‌برداران شهری و روستایی و میزان تأثیرپذیری کشاورزی منطقه از کشاورزی خانوارهای شهری و روستایی تفکیک گردد. نسبت خانوار روستایی در منطقه براساس تعداد بهره‌برداران‌های کشاورزی و تعداد خانوار روستایی از معادله (۲) محاسبه می‌شود:

$$Rural\ ratio = \begin{cases} 1 & \text{if } (AO \geq H_{Rural}) \\ \left(\frac{AO}{H_{Rural}} \right) & \text{if } (AO < H_{Rural}) \end{cases} \quad (2)$$

که در آن $Rural\ ratio$ = نسبت خانوار روستایی (نسبت)؛ AO = تعداد بهره‌برداری‌های کشاورزی (عدد)؛ H_{Rural} = تعداد خانوار روستایی می‌باشد (عدد). پس از تعیین نسبت خانوار روستایی در منطقه ($Rural\ ratio$)، باقیمانده منابع درآمدی در اختیار منطقه از معادله (۳) به دست می‌آید:

$$MA_{Region} = (MA_{Rural} * Rural\ ratio) + (1 - Rural\ ratio) * MA_{Urban} \quad (3)$$

که در آن MA_{Region} = باقیمانده‌ی منابع درآمدی در اختیار منطقه (هزار ریال) است. یکی از پارامترهای مورد نیاز برای رسیدن به هدف تحقیق که بررسی اثر خشکسالی بر جامعه‌ی کشاورزان می‌باشد، حداکثر تأثیرپذیری از خشکسالی در هر منطقه از طریق تأثیر بر درآمد حاصل از کشاورزی (شامل زراعت و باغداری) است. هر منطقه با توجه به میزان تولید محصولات کشاورزی و تنوع آن، شرایط درآمدی خاص خود را دارد و بنابراین یک مقدار مشخص از حداکثر تأثیرپذیری را خواهد داشت. این تأثیر برابر تفاوت چارک اول و سوم درآمد منطقه از کشاورزی در طی دوره داده‌برداری در نظر گرفته شد که برای هر منطقه، عددی منحصر به فرد است. حداکثر تأثیرپذیری منطقه از خشکسالی (K_j) از معادله‌ی (۴) بدست می‌آید:

$$K_j = (Product_{max} - Product_{min}) \quad (4)$$

که در آن $Product_{max}$ = حداکثر ارزش تولیدات کشاورزی زراعی و باغی منطقه بر مبنای قیمت‌های سال ۱۳۹۶ در طی دوره (میلیون ریال) و $Product_{min}$ = حداقل ارزش تولیدات کشاورزی زراعی و

سطح زیرکشت) بوده باشد و یا مجموع درآمد حاصل از کشاورزی حداکثر مقدار خود را در طی دوره داده‌برداری تجربه کرده باشد، منطقه در آن سال دچار بحران نبوده است. براین اساس، شاخص مزبور می‌تواند مقادیر صفر یا مثبت داشته باشد به نحوی که هر چه بزرگتر باشد، شرایط منطقه بحرانی‌تر خواهد بود.

۲-۵- کلاس‌بندی شاخص خشکسالی اقتصادی-اجتماعی

برای مقایسه مناطق مختلف با یکدیگر لازم است که شاخص خشکسالی اقتصادی-اجتماعی کلاس‌بندی شود. برای تعیین کلاس‌های مختلف شاخص خشکسالی اقتصادی-اجتماعی از روش شکست طبیعی جنکز مبتنی بر سعی و خطا برای بدست آوردن حداکثر نکویی برازش واریانس^(GVF) استفاده می‌شود. روش مزبور به عنوان یکی از روش خوشه‌بندی بر این پایه استوار است که از یک طرف بدنال حداقل کردن فاصله اعضای دسته از میانگین دسته است و از طرف دیگر بدنال حداکثر کردن اختلاف هر دسته از میانگین کلیه دسته‌ها می‌باشد. به عبارت دیگر این روش در حالی که واریانس درون گروهی را به حداقل می‌رساند واریانس بین گروهی را حداکثر می‌کند (Jenks, 1967; wikiGIS, 2020). روش جنکز برای شروع نیاز به تعیین تعداد طبقات قبل از هرگونه محاسبه‌ای دارد. در این تحقیق با پذیرش حد ۹۰ درصد برای نیکویی برازش، تعداد طبقات بحران و آستانه طبقات بدست آمدند.

۳- نتایج

۳-۱- شاخص خشکسالی اقتصادی-اجتماعی روستایی

شاخص خشکسالی اقتصادی-اجتماعی روستایی برای مناطق اصفهان، شهرضا، فریدن، نجف‌آباد، چهارمحال و بختیاری، لنجان، فلاورجان، خمینی‌شهر و برخوار در طی دوره داده‌برداری ۱۳۶۸ لغایت ۱۳۹۶ محاسبه شده و سری زمانی آن در شکل‌های ۴ و ۵ نشان داده شده است.

همان‌طور که در شکل‌های ۴ و ۵ ملاحظه می‌گردد، بیشترین میزان شاخص در منطقه چهارمحال و بختیاری و در سال‌های آغازین دوره مورد بررسی مشاهده می‌شود. این منطقه به مرور از خود مقاومت نشان داده است، چنانکه در اواخر دوره مطالعاتی بر مبنای شاخص RSEDI بحرانی در آن ملاحظه نمی‌شود. بر اساس نتایج تغییرات سطوح زیر کشت در شکل ۳ می‌توان ادعا نمود که روند تدریجی کاهش بحران در این منطقه، متأثر از شرایط خشکسالی‌ها نبوده و کاهش شاخص RSDEI به واسطه بهبود تاب‌آوری مردم در اثر افزایش تدریجی سطح زیر کشت و درآمد ناشی از تولید محصولات کشاورزی است. در مقابل، این منطقه و در همین دسته، منطقه فریدن وجود دارد که در سال‌های میانی و پایانی دهه ۷۰ روند فزاینده‌ای از بحران را پشت سر گذاشته به صورتی که در سال خشک ۷۹-۱۳۷۸ حداکثر بحران در میان مناطق نه‌گانه را تجربه نموده است. این در حالی است که اثر این خشکسالی و تداوم آن تا یک سال بعد و با تأخیر در بیشتر مناطق حوضه، قابل مشاهده است.

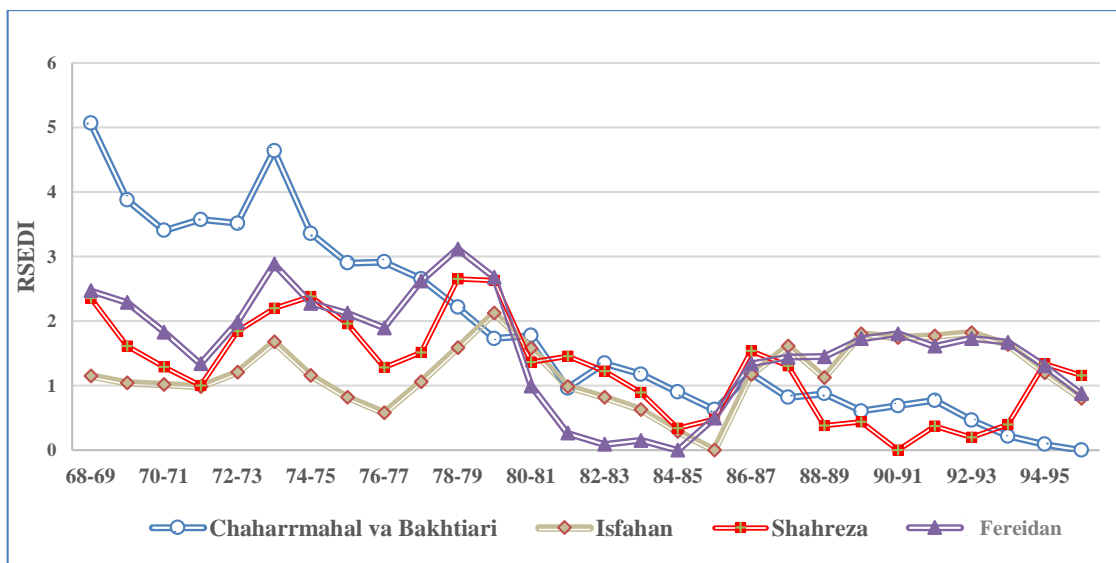


Fig. 4- Time series of socioeconomic drought index in Isfahan, Shahreza, Fereidan and Chaharmahal va Bakhtiari region

شکل ۴- سری زمانی خشکسالی اقتصادی-اجتماعی در مناطق اصفهان، شهرضا، فریدن و چهارمحال و بختیاری

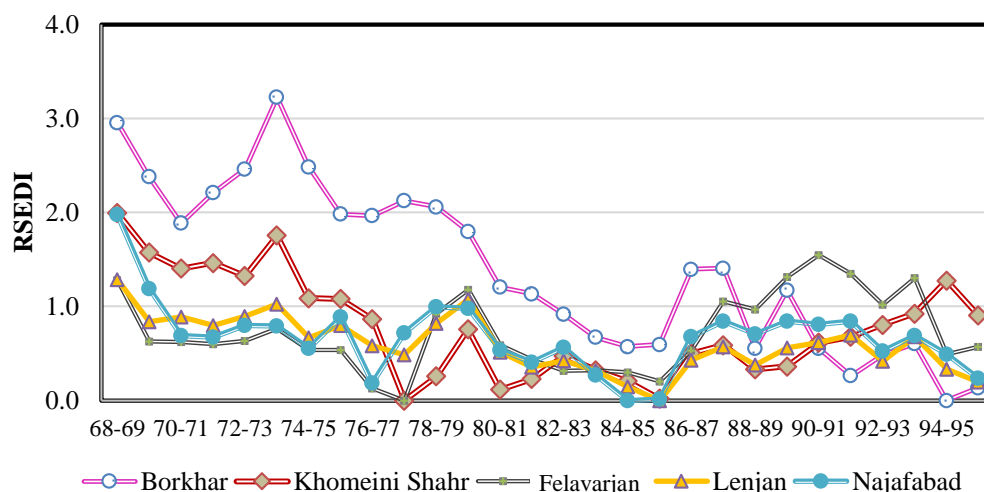


Fig. 5- Time series of socioeconomic drought in Khomeinishahr, Felavarjan, Borkhar, Najafabad and Lenjan region

شکل ۵- سری زمانی خشکسالی اقتصادی- اجتماعی در مناطق خمینی شهر، فلاورجان، برخوار، نجف آباد و لنجان

می نمود از این تعداد طبقه برای کلاس بندی شاخص در حوضه استفاده به عمل آمد.

یکی از موارد کاربرد شاخص RSEDI تعیین مناطق بحرانی از دیدگاه مشکلات معیشتی حاصل از بروز خشکسالی می باشد. جدول ۳ کلاس بحران تعریف شده براساس طبقه شاخص خشکسالی اقتصادی- اجتماعی و توصیف آن در منطقه لنجان را نشان می دهد. آستانه بحران برای هر منطقه، حد پایین طبقه ای که میانه مقادیر شاخص خشکسالی اقتصادی- اجتماعی در آن قرار دارد، در نظر گرفته شد.

Table 2- The improvement of GVF by increasing classes in Lenjan region

جدول ۲- میزان بهبود آماره GVF با افزایش تعداد طبقات در منطقه لنجان

Number of classes	GVF	GVF increment
2	0.661	-
3	0.814	0.153
4	0.897	0.083
5	0.945	0.048
6	0.956	0.011
7	0.965	0.009

در جدول ۴ وضعیت بحران (براساس طبقات RSDEI) برای تمام مناطق با همدیگر و با طیفی از رنگها مورد مقایسه قرار گرفته اند. بر

همانطور که در شکل ۵ ملاحظه می گردد، بیشترین افت و خیز در بحران ناشی از خشکسالی متعلق به منطقه برخوار است که با توجه به اینکه سایر مناطق کمتر با چنین تغییرات ناگهانی شاخص خشکسالی اقتصادی- اجتماعی روبرو بوده اند، می توان آن را مبین شکنندگی این منطقه نسبت به تبعات خشکسالی دانست.

۳-۲- کلاس بندی شاخص خشکسالی اقتصادی- اجتماعی

برای کلاس بندی شاخص خشکسالی در منطقه مطالعاتی از مقادیر شاخص RSDEI در هر منطقه، ۱۰۰۰ نمونه برداری تصادفی صورت گرفت و سپس با آزمون ۲ تا ۹ طبقه برای شاخص خشکسالی اقتصادی- اجتماعی، آماره GVF محاسبه و مورد مقایسه قرار گرفت. به عنوان نمونه جدول ۲ تغییرات آماره آزمون نیکویی برازش و بهبود آن با تغییر طبقات مختلف را در منطقه لنجان نشان می دهد. همانطور که در این جدول نمایان است با افزایش تعداد طبقات، میزان آماره افزایش یافته و به مقدار یک نزدیک می شود که معرف بهبود طبقه بندی می باشد. با توجه به آنکه حد نیکویی برازش ۹۰ درصد انتخاب شده است و بعد از GVF معادل ۰/۹۴۵ تغییر محسوس برای این آماره ملاحظه نمی گردد، بهترین تعداد طبقات برای شاخص خشکسالی عدد ۵ برآورد گردید. هر چند نتیجه حاصله برای محاسبه تعداد طبقات بر مبنای روش جنکر در مناطق مختلف تا حدودی با هم اختلاف داشتند ولی به منظور اعمال رویه ای واحد برای نمایش توزیع مکانی بحران در منطقه و با توجه به اینکه با در نظر گرفتن ۵ طبقه برای شاخص RSEDI مقدار GVF در همه مناطق از ۹۰ درصد تجاوز

بحران برای تمام مناطق را نشان می‌دهد و در تعداد سال‌های بحرانی، تداوم بحران، بزرگی و شدت هر دوره بحرانی نشان داده شده است. توضیح اینکه بزرگی بحران برابر مجموع مقادیر بحران در طی سال‌های بحرانی است و از تقسیم بزرگی بحران بر تعداد سال‌های بحرانی، شدت بحران به دست می‌آید.

همانطور که در جدول ۵ مشخص است، مناطق اصفهان و فلاورجان حداکثر تعداد سال‌های بحرانی را داشته‌اند. مناطق چهارمحال و بختیاری و برخوار بیشترین مقادیر بزرگی بحران را در طی دوره مطالعاتی از آن خود نموده‌اند ولی بیشترین شدت بحران را می‌توان در مناطق لنجان و خمینی‌شهر مشاهده نمود.

اساس جدول ۴ بیشترین بحران خیلی شدید در مناطق فلاورجان و شهرضا اتفاق افتاده است، با این تفاوت که بحران در فلاورجان نسبت به شهرضا در سال‌های پایانی دوره مطالعاتی نمود بیشتری دارد. مناطق فلاورجان و فریدن حداکثر تداوم بحران خیلی شدید را در سه سال پیاپی به ترتیب در سال‌های ۹۲-۱۳۸۹ و ۸۰-۱۳۷۷ دارند اما بحران در منطقه فریدن، چنانکه قبل از این هم اشاره گردید، با برخورداری از بازگشت‌پذیری بالا به سرعت فروکش کرده است؛ اما بحران در منطقه فلاورجان با یک طبقه تسکین دوباره در سال آبی ۹۴-۱۳۹۳ به طیف قرمز باز گشته است. همانند سایر انواع خشکسالی‌ها، خشکسالی اقتصادی- اجتماعی نیز با مشخصه‌های تداوم، بزرگی و شدت خشکسالی مورد بررسی منطقه‌ای قرار می‌گیرد. جدول ۵ مشخصه‌های

Table 3- The five classes of rural socioeconomic drought in Lenjan region

جدول ۳- توصیف طبقات خشکسالی اقتصادی- اجتماعی در منطقه لنجان

Class Number	Class spectrum	Lower Limit	Upper Limit	Class description	Number of years in each class
1	Blue	0	0.198	No crisis	3
2	Green	0.199	0.429	Low crisis	7
3	Yellow	0.430	0.696	Mild crisis	9
4	Orange	0.697	0.897	Severe crisis	6
5	Red	0.898	1.286	Extreme crisis	3

Table 4- The socioeconomic drought index of regions and their spectrum description

جدول ۴- شاخص خشکسالی اقتصادی- اجتماعی مناطق و توصیف طیفی آن

Class definition	1		2		3		4		5	
Region	Isfahan	Borkhar	Charmahal va Bakhtyari	Khomeinshahr	Shahreza	Fereidan	Felavarjan	Lenjan	Najafabad	
Water year										
1989-90	1.147	2.955	5.065	1.996	2.357	2.469	1.281	1.286	1.977	
1990-91	1.041	2.381	3.872	1.574	1.616	2.289	0.625	0.838	1.19	
1991-92	1.017	1.885	3.4	1.405	1.294	1.827	0.62	0.891	0.693	
1992-93	0.988	2.211	3.571	1.465	1.002	1.337	0.602	0.798	0.675	
1993-94	1.204	2.464	3.514	1.325	1.842	1.98	0.635	0.897	0.801	
1994-95	1.68	3.227	4.638	1.756	2.201	2.881	0.765	1.028	0.792	
1995-96	1.159	2.485	3.355	1.089	2.381	2.276	0.535	0.665	0.552	
1996-97	0.82	1.982	2.899	1.081	1.96	2.122	0.538	0.797	0.89	
1997-98	0.58	1.966	2.913	0.866	1.283	1.895	0.127	0.581	0.188	
1998-99	1.058	2.125	2.654	0	1.516	2.616	0	0.485	0.717	
1999-2000	1.584	2.061	2.212	0.258	2.653	3.116	0.921	0.821	0.995	
2000-2001	2.123	1.8	1.731	0.756	2.624	2.675	1.176	1.077	0.98	
2001-02	1.577	1.206	1.775	0.116	1.367	0.996	0.589	0.517	0.54	
2002-03	0.982	1.136	0.962	0.229	1.453	0.263	0.436	0.354	0.407	
2003-04	0.819	0.916	1.347	0.477	1.223	0.092	0.318	0.423	0.565	
2004-05	0.632	0.672	1.174	0.324	0.891	0.151	0.321	0.317	0.27	
2005-06	0.288	0.571	0.899	0.207	0.337	0	0.302	0.143	0	
2006-07	0	0.597	0.625	0.019	0.48	0.498	0.201	0	0.015	
2007-08	1.177	1.395	1.188	0.502	1.537	1.339	0.529	0.429	0.68	
2008-09	1.612	1.407	0.818	0.589	1.308	1.44	1.054	0.569	0.845	
2009-10	1.123	0.555	0.873	0.332	0.38	1.449	0.968	0.379	0.707	
2010-11	1.805	1.171	0.605	0.363	0.435	1.725	1.314	0.562	0.845	
2011-12	1.744	0.554	0.688	0.614	0	1.805	1.548	0.617	0.807	
2012-13	1.768	0.263	0.769	0.677	0.376	1.611	1.35	0.696	0.843	
2013-14	1.815	0.481	0.464	0.805	0.196	1.73	1.021	0.42	0.524	
2014-15	1.636	0.605	0.217	0.924	0.398	1.672	1.302	0.679	0.692	
2015-16	1.2	0	0.092	1.277	1.338	1.304	0.494	0.332	0.494	
2016-17	0.805	0.136	0	0.906	1.155	0.876	0.57	0.198	0.236	

Table 5- Region's Socioeconomic drought characteristics

جدول ۵- مشخصه‌های خشکسالی اقتصادی- اجتماعی مناطق

Region	Number of critical years	Critical years period	Critical years duration(years)	Critical years magnitude	Critical years severity
Isfahan	21	1989-96	7	8.236	1.177
		1998-2003	5	7.325	1.465
Borkhar	17	2007-16	9	13.881	1.542
		1989-2003	14	29.884	2.135
Shahreza	18	2007-2011	3	3.972	1.324
		1989-92	3	5.266	1.755
Fereidan	17	1993-2004	11	20.502	1.864
		2007-2009	2	2.846	1.423
Najafabad	22	2015-17	2	2.493	1.247
		1990-92	3	6.584	2.195
Khomeinishahr	14	1993-01	8	19.561	2.445
		2009-15	6	9.991	1.665
Felavarjan	20	1989-97	8	7.570	0.946
		1998-2002	4	3.232	0.808
Lenjan	18	2003-04	1	5.565	5.565
		2007-16	9	6.437	0.715
Charmahal va Bakhtyari	13	1989-98	9	12.558	1.395
		2000-01	1	6.756	6.756
		2013-17	4	3.912	0.978
		1989-97	8	5.600	0.700
		1999-2002	3	2.686	0.895
		2007-17	9	9.656	1.073
		1989-02	13	10.680	0.822
		2008-09	1	9.569	9.569
		2010-13	3	1.875	0.625
		2014-15	1	9.679	9.679
		1989-2002	13	41.600	3.200

منطقه برخوردار حداکثر تداوم بحران متوالی ۱۴ ساله را در طی دوره مطالعاتی دارد که نشان از وخامت اوضاع در این منطقه است. با کاربرد معادله (۴) نقشه مقادیر حداکثر تأثیرپذیری شهرستان‌ها بر اساس درآمد واقعی شاغلین بخش کشاورزی اعم از زراعی و باغی و نیز سطح زیر کشت نرمال (برابر با چارک سوم سطح زیر کشت هر منطقه در طی دوره مطالعاتی) مناطق بدست آمده که به ترتیب در بخش a و b از شکل ۶ نشان داده شده است. این نقشه تفاوت مناطق را در آسیب‌پذیری خشکسالی به خوبی نشان می‌دهد. بر اساس نقشه a-۶ حداکثر تأثیرپذیری درآمدی نسبت به خشکسالی در منطقه اصفهان و حداقل آن در مناطق شهرضا و نجف‌آباد مشاهده می‌گردد. نتیجه‌ای که از نقشه a-۶ بدست آمد در سازگاری کامل با نقشه b-۶ می‌باشد. همانطور که ملاحظه می‌گردد بیشترین سطح زیر کشت نرمال مربوط

به مناطق اصفهان و فریدن است و در هر دوی مناطق نسبت اراضی زراعی به باغی بیشتر است.

با کاربرد معادله ۶ نقشه‌ی آسیب‌پذیری نسبی مناطق برای دو سال خشک ۸۰-۱۳۷۹ و ۸۸-۱۳۸۷ به ترتیب در شکل‌های a-۷ و b نشان داده شده است. مقایسه‌ی این دو نقشه، تغییرات آسیب‌پذیری نسبی و گستردگی این آسیب را نمایان می‌سازد. بر اساس این نقشه‌ها گستردگی آسیب‌پذیری در خشکسالی اول به مراتب بیشتر از خشکسالی دوم بوده است. در تمامی مناطق نه‌گانه روند کاهش آسیب‌پذیری از سال ۸۰-۱۳۷۹ تا سال ۸۸-۱۳۸۷ با انتقال از طیف قرمز به زرد، نارنجی و سبز دیده می‌شود.

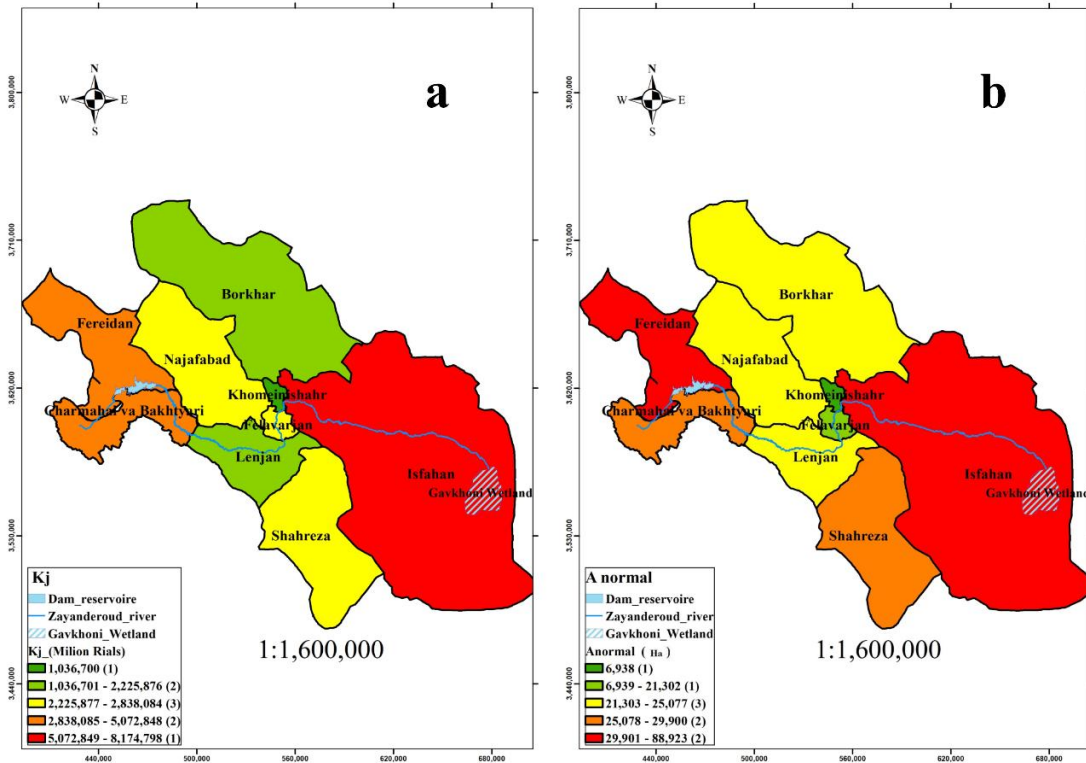


Fig. 6- Region's maximum vulnerability (a) and Normal cultivated area (b)
 شکل ۶- نقشه مقادیر حداکثر تأثیرپذیری (a) و سطح زیر کشت نرمال مناطق (b)

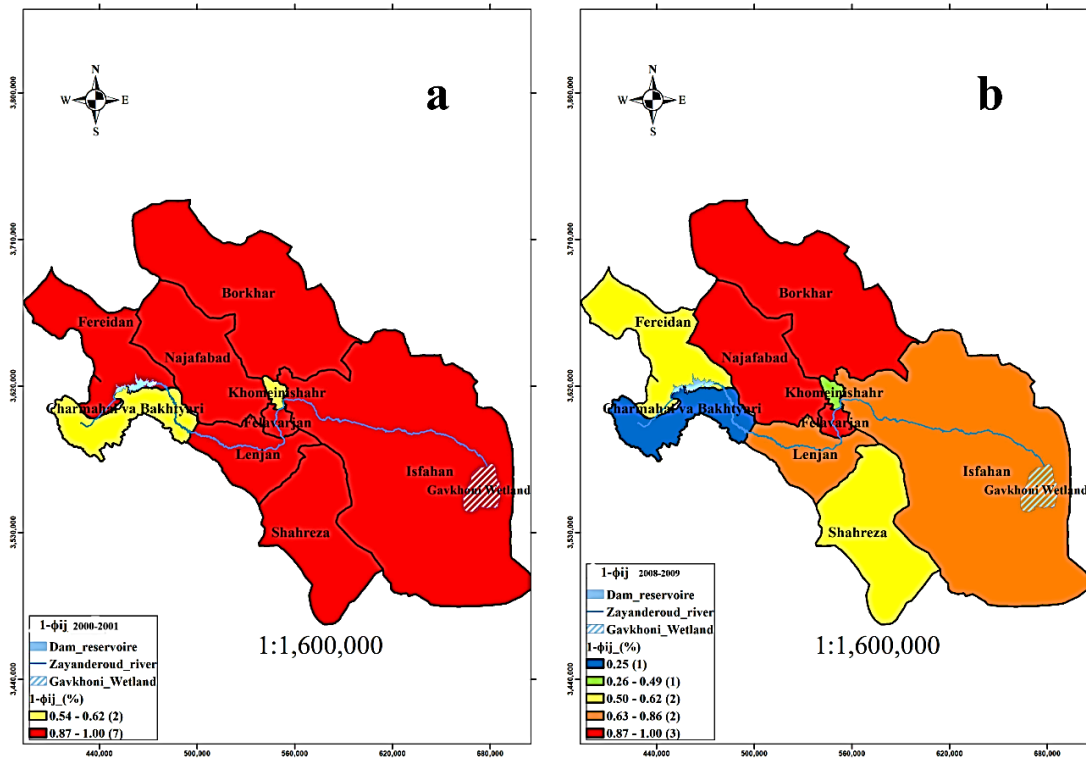


Fig. 7- Relative vulnerability map in water years 2000- 2001(a) and 2008- 2009 (b)
 شکل ۷- نقشه آسیب پذیری نسبی مناطق در سال آبی ۱۳۷۹-۸۰ (a) و ۱۳۸۷-۸۸ (b)

با بررسی این شاخص می‌توان اثرات اقتصادی- اجتماعی این نوع از خشکسالی را به تفکیک مناطق مورد بررسی قرار داد. این اثرات می‌تواند با روابط همبستگی بین متغیرهایی مانند میزان مهاجرت روستاییان، تغییر در انواع دارایی‌های خانوارهای روستایی، تغییر در هرم سنی جمعیت ساکن در روستاها و سایر متغیرها با شاخص خشکسالی اقتصادی- اجتماعی RSEDI بیان گردد.

۴- جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

در این تحقیق برای ارزیابی بحران ناشی از کم‌آبی در حوضه زاینده‌رود بر خشکسالی اقتصادی- اجتماعی تمرکز شده است. شاخص خشکسالی اقتصادی- اجتماعی روستایی که برای نخستین بار ارائه می‌گردد، متشکل از اجزاء اقتصادی و اجتماعی اثرگذار بر بخش کشاورزی است. بر اساس نتایج بدست آمده و مقایسه با تاریخچه حوضه زاینده‌رود، مدل ارائه شده به خوبی توانسته است شرایط منطقه را تصویر کند. بررسی تغییرات خشکسالی اقتصادی- اجتماعی در مناطق، بیشترین خشکسالی را در منطقه چهارمحال و بختیاری و در سال‌های آغازین دوره مورد بررسی نشان می‌دهد، اما این منطقه به مرور از خود مقاومت نشان داده است.

تنها استثناء در این روند، منطقه نجف‌آباد است که در خشکسالی دوم آسیب‌پذیری نسبی بالاتری داشته است. شناخت عوامل مؤثر بر این تغییر امکان تدوین بسته‌های حمایتی برای کاهش اثرات خشکسالی بر اقتصاد جوامع را فراهم می‌سازد. نقشه آسیب‌پذیری منطقه‌ای که در آن عوامل حداکثر آسیب‌پذیری و آسیب‌پذیری نسبی بر مبنای معادله ۵ دخالت دارند برای دو سال آبی ۱۳۷۹-۸۰ و ۱۳۸۷-۸۸ به ترتیب در شکل‌های ۸-ا و ۸-ب به نمایش درآمده است.

شکل‌های ۹-ا و ۹-ب نقشه‌های شاخص خشکسالی اقتصادی- اجتماعی روستایی را که از رابطه (۷) برای سال آبی ۱۳۷۹-۸۰ و ۱۳۸۷-۸۸ بدست آمده، نشان می‌دهد. با توجه به این دو نقشه، خشکسالی سال ۱۳۷۹-۸۰ از شدت بیشتری در مناطق مورد مطالعه برخوردار بوده است. چهار منطقه از نه منطقه، بحران شدید را در این سال تجربه کرده‌اند و هیچ منطقه‌ای غیر بحرانی نبوده است. این در حالی است که در خشکسالی سال آبی ۱۳۸۷-۸۸ تمام مناطق با کاهش بحران روبرو بوده‌اند. تنها منطقه‌ای که طبقه خشکسالی اقتصادی- اجتماعی در آن تغییر نکرده، منطقه نجف‌آباد بوده است.

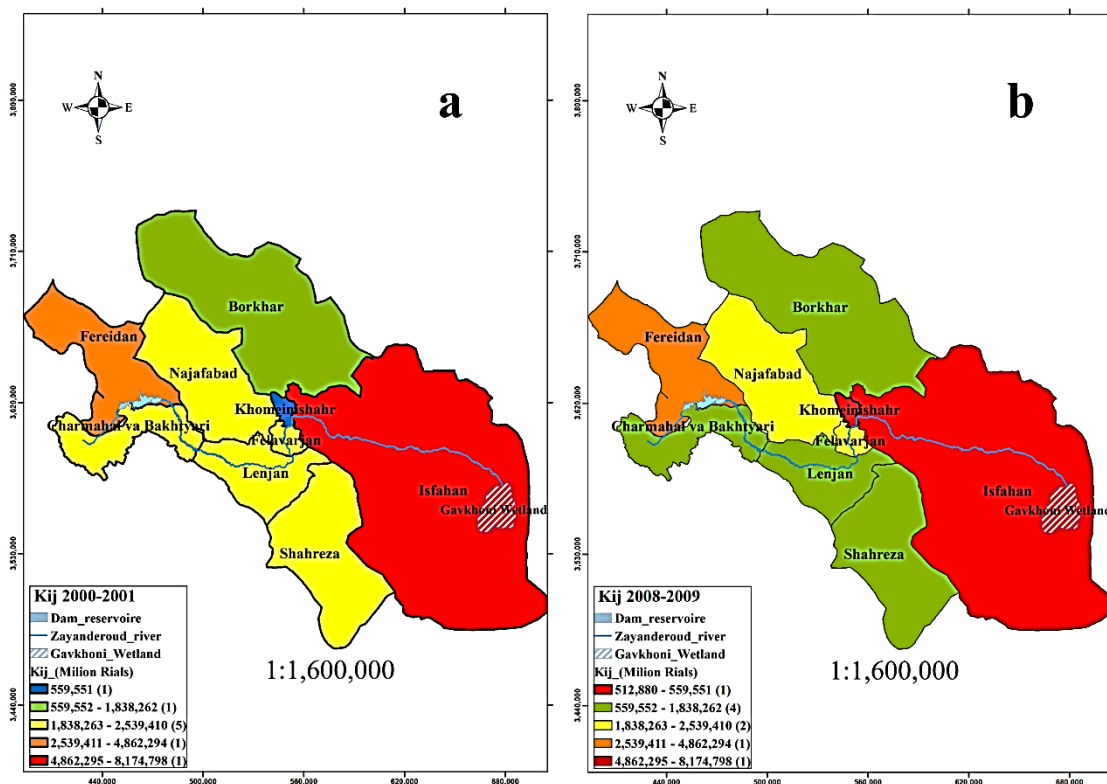


Fig. 8- Regional vulnerability maps in water years 2000- 2001(a) and 2008- 2009 (b)
شکل ۸- نقشه آسیب‌پذیری منطقه‌ای در سال آبی ۱۳۷۹-۸۰ (a) و ۱۳۸۷-۸۸ (b)

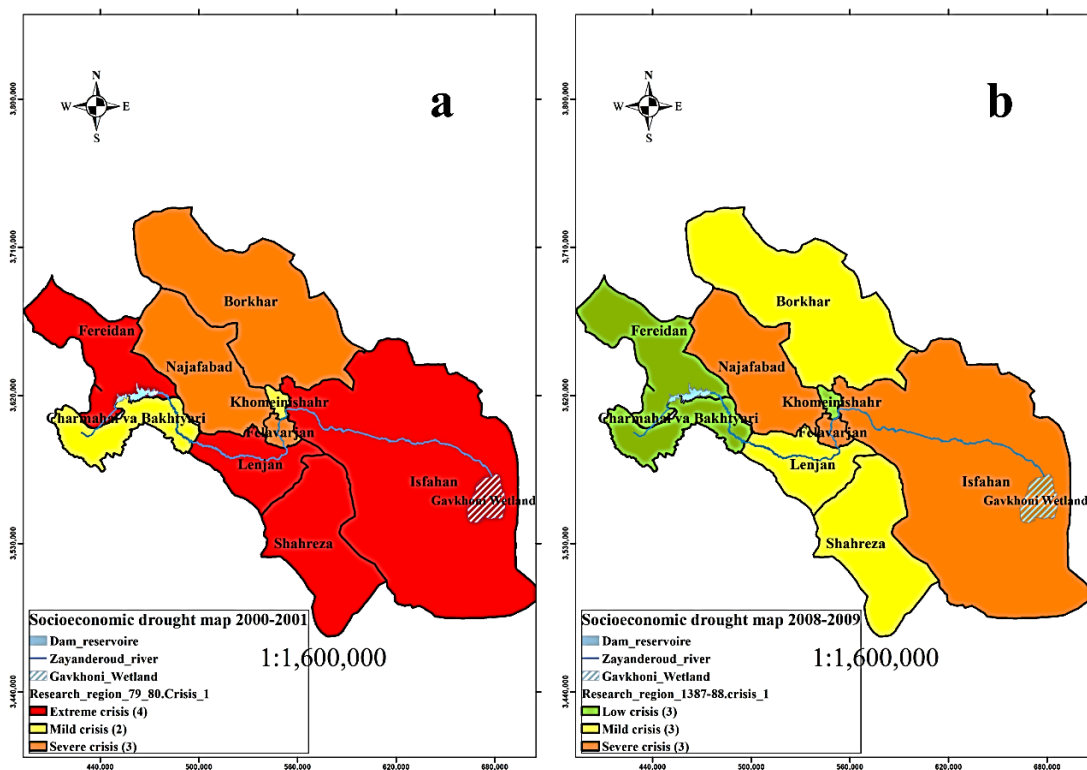


Fig. 9- Rural socioeconomic drought maps in water years 2000- 2001(a) and 2008- 2009 (b)
 شکل ۹- نقشه شاخص خشکسالی اقتصادی- اجتماعی روستایی در سال آبی ۸۰-۱۳۷۹ (a) و ۸۸-۱۳۸۷ (b)

در تمام مناطق تا سال آبی ۸۵-۱۳۸۴ مستهلک گردیده است، اما خشکسالی شروع شده از سال آبی ۸۷-۱۳۸۶ به جز منطقه چهارمحل و بختیاری و با اندکی تسامح برخوار، نجف آباد و لنجان در سایر مناطق هنوز ادامه دارد. این نتیجه با یافته‌های محققین مبنی بر قرارگیری حوضه در وضعیت ویژه خشکسالی هواشناسی و هیدرولوژیکی طی سالیان اخیر، در هماهنگی است (Moradi et al., 2011; Faramarzi, 2014; Mirahsani et al., 2018; Mirahsani et al., 2019; Mousavi, 2019; Mousavi and Shokoohi, 2019). در همین راستا، در تحقیق دیگری Rahimi and Mohammadi (2017) با کاربرد شاخص SWSI حاکمیت شرایط خشکسالی هیدرولوژیکی بر حوضه از سال ۱۳۸۷ به بعد را مورد اشاره قرار داده‌اند. نتایج مشابهی از بررسی توابع سه‌گانه کاپولا بر مبنای شاخص خشکسالی هواشناسی SPI نیز بدست آمده است (Motevali Bashi, 2020). شرایط منطقه‌ای و افزایش تنش‌ها در چند ساله اخیر تأییدی بر یافته مزبور از مدل می‌باشد. این شرایط برای تعدادی از مناطق تا پایان دوره زمانی مورد بررسی (۹۶-۱۳۹۵) هم ادامه دارد. روند تدریجی افزایش بحران در منطقه خمینی‌شهر نیز از نتایج قابل تعمق می‌باشد. چنین روندی در سایر مناطق دیده نمی‌شود و با توجه به ترکیب کشت غالب این منطقه که باغی می‌باشد، علاوه

بروند کاهشی در این منطقه، متاثر از شرایط خشکسالی‌ها نبوده بلکه به افزایش تدریجی سطح زیر کشت و تولید محصولات کشاورزی نسبت داده می‌شود. برخلاف این منطقه، منطقه فریدن که در سال‌های ابتدایی دوره، کمترین آثار این نوع خشکسالی را داشته است، به مرور درگیر بحران گردیده و در سال خشک ۷۹-۱۳۷۸ حداکثر خشکسالی از این منطقه گزارش شده است. این در حالی است که اثر این خشکسالی و تداوم آن با تأخیر تا یک سال بعد در سایر مناطق حوضه نیز قابل مشاهده است. این نتیجه با یافته‌های پژوهش فتحی (Fathi, 2014) در خصوص میزان تولید محصولات کشاورزی و تحقیق (Molle et al., 2008) و Azadi (2013) در خصوص شرایط خشکسالی حاکم بر حوضه در سال ۲۰۰۱ و نیز تحقیق Ahmadi et al. (2013) مطابقت دارد. بیشترین تأثیر از این دوره خشکسالی (۱۳۷۹-۸۱) را منطقه فریدن با شاخص ۳/۱۱۶ تجربه نموده است. اما این منطقه علیرغم حداکثر تأثیرپذیری، بیشترین بازگشت‌پذیری را نیز از خود نشان داده است. بازگشت‌پذیری بالای این منطقه می‌تواند ناشی از جبران سریع کاهش منابع آب و بازگشت آن به وضع سابق و برطرف شدن دوره خشکسالی به دلیل قرارگیری در بالادست حوضه و بهره‌مندی از منابع مناسب آب سطحی و زیرزمینی نسبت داده شود. همچنین بر اساس نتایج تحقیق، اثر خشکسالی سه ساله ۸۱-۱۳۷۹

بر نگران کننده بودن موضوع، بررسی تغییر کاربری اراضی و نیز تغییر باغهای بارور به باغ ویلا در این منطقه می‌تواند در ریشه‌یابی بحران مؤثر باشد که خارج از حدود تحقیق حاضر است.

مقایسه دو خشکسالی حد به وقوع پیوسته (خشکسالی سال‌های پایانی دهه ۷۰ و خشکسالی سال ۸۷-۱۳۸۶) نشان می‌دهد در بیشتر مناطق خشکسالی دوره اول تأثیرگذارتر بوده است. بر خلاف خشکسالی اول که ناگهانی و با تأثیر بالا بوده، خشکسالی دوره دوم عملکرد یکسانی بر تمام مناطق نداشته است و به سختی می‌توان مشابه خشکسالی قبلی برای این خشکسالی که تا سال پایانی دوره برای بعضی مناطق تداوم داشته، سال خاصی را به عنوان سال حداکثر خشکسالی معرفی نمود. به همین دلیل از مقایسه‌ی مجموع شاخص خشکسالی مناطق در دهه پایانی آماری، سال آبی ۸۸-۱۳۸۷ برای این دوره به عنوان بحرانی‌ترین سال با مجموع شاخص ۹/۶۴۲ شناسایی شده است. برای دوره نخست نیز سال آبی ۸۰-۱۳۷۹ با مجموع شاخص ۱۴/۹۴۲ و پس از آن سال آبی ۷۹-۱۳۷۸ با مجموع شاخص ۱۴/۶۲۰ بحرانی‌ترین سال‌ها بوده‌اند. برای منطقه اصفهان بحرانی‌ترین سال، در چند ساله اخیر، سال آبی ۹۳-۱۳۹۲، است که این نتیجه نیز با شواهد موجود مطابقت دارد.

این تحقیق هستند. با توجه به محاسبات انجام شده حداکثر مقدار تأثیرپذیری (به عنوان نمایه‌ای از میزان تأثیرپذیری درآمدی از خشکسالی) را منطقه اصفهان و حداقل مقدار را مناطق خمینی‌شهر و برخوار داشته‌اند. در خشکسالی سال‌های پایانی دهه ۷۰ مناطق خمینی‌شهر و فلاورجان کمترین درصد کاهش از درآمد کشاورزی را متحمل گردیده‌اند. سایر مناطق حوضه به شدت از خشکسالی متأثر گردیده‌اند. اصفهان در هر دو دوره خشکسالی دهه ۷۰ و ۸۰ دارای بیشترین آسیب‌پذیری منطقه‌ای بوده است. بنابراین با توجه به شرایط اجتماعی و تراکم جمعیت در این منطقه و تداوم خشکسالی اقتصادی-اجتماعی در آن، توجه خاص تصمیم‌گیرندگان را می‌طلبد. با کاربرد این مدل در تلفیق با سایر مدل‌های برآورد کننده وضعیت منابع آب و تعیین میزان تولید محصولات کشاورزی سیاست‌گذاران قادر خواهند بود که اثر هر یک از اقدامات و برنامه‌ها بر خشکسالی اقتصادی-اجتماعی و بحران مناطق بصورت کمی درآورده و از آن در برنامه‌ریزی افزایش تاب‌آوری با تنوع‌بخشی منابع درآمدی، نرخ‌گذاری محصولات کشاورزی، توسعه زیرساخت‌های تامین حداقلی از آب مطمئن و برنامه‌ریزی منابع و مصارف آب استفاده به عمل آورد.

پی‌نوشت‌ها

- 1- The Hyogo Framework for Action
- 2- Hazard
- 3- Multivariate Standardized Reliability and Resilience Index
- 4- Resilience
- 5- Socio-Economic Drought Index
- 6- Rural Socio-Economic Drought Index
- 7- Goodness of Variance Fit

۵- مراجع

- Ahmadi M, Nosrati K, and Salaki H (2013) Drought and it's relation to soil water. Geography (Iranian Geography Association) 11(38):77-91 (In Persian)
- Azadi S (2013) Evaluation of Palmer drought severity index in central Iran. M.S Thesis, the Isfahan University of Technology (In Persian)
- Daghagh Yazd S, Wheeler SA, and Zuo A (2020) Understanding the impacts of water scarcity and socio-economic demographics on farmer mental health in the Murray-Darling Basin. Ecological Economics. Elsevier 169 (February 2019): 106564.
- Ding Y, Hayes MJ, and Widhalm M (2011) Measuring economic impacts of drought: A review and discussion. Disaster Prevention and Management 20(4):434-446

یکی از کاربردهای شاخص خشکسالی اقتصادی-اجتماعی که تحقیق حاضر به ارائه آن اختصاص دارد، زون‌بندی منطقه بر اساس بحران معیشتی حاصله از خشکسالی و عدم انعطاف‌پذیری و لذا ارزیابی توانایی جامعه برای مقابله با عوارض آن است. برای کلاس‌بندی شاخص RSEDI و تعیین طبقات بحران، از روش شکست طبیعی جنکر استفاده به عمل آمد. بررسی نتایج طبقه‌بندی خشکسالی اقتصادی-اجتماعی مناطق نشان می‌دهد بیشترین بحران خیلی شدید در مناطق فلاورجان و شهرضا اتفاق افتاده است، با این تفاوت که بحران در فلاورجان نسبت به شهرضا در سال‌های پایانی نمود بیشتری دارد. مناطق فلاورجان و فریدن حداکثر تداوم بحران خیلی شدید را در سه سال پیاپی به ترتیب در سال‌های ۹۲-۱۳۸۹ و ۸۰-۱۳۷۷ دارند. بیشترین تداوم سال‌های بحرانی در مناطق نجف‌آباد، اصفهان و فلاورجان هر یک با بیش از ۲۰ سال، گزارش می‌گردد. این شاخص تفاوت بین مناطق را نمایان ساخته است، به عنوان نمونه در شهرضا دوره‌های با تداوم کوتاه اما در تکرار بیشتر قابل مشاهده است. همچنین در مقایسه‌ی خشکسالی دوم نسبت به خشکسالی اول فریدن، لنجان و شهرضا یک طبقه کاهش بحران ولی مناطق فلاورجان و نجف‌آباد یک طبقه افزایش بحران را نشان می‌دهند. کاهش آسیب‌پذیری منطقه‌ای بین دو دوره خشکسالی در مناطق شهرضا، لنجان و چهارمحال و بختیاری به میزان یک طبقه و افزایش درآمدها از نتایج

- and_Social_Consequences_of_Drought_under_Future_Projections_of_Climate_Change
- Massarutto A, Musolino D, Pontoni F, de Carli A, Senn L, de Paoli L (2013) Analysis of historic events in terms of socioeconomic and environmental impacts. DROUGHT-R&SPI Project, Technical Report
- Mehran A, Mazdiyasi O, and Aghakouchak A (2015) A hybrid framework for assessing socioeconomic drought: Linking climate variability, local resilience, and demand. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres* 120(15):7520-7533
- Mirahsani M, Salman Mahini A, Soffianian A, Moddares R, Jafari R and Mohammadi J (2018) Regional drought monitoring in Zayandeh-rud Basin based on time series variations of the SPI and satellite-based vci indices. *Geography and Environmental Hazards* 6(24):1-22 (In Persian)
- Mirahsani M, Moddares R, Salman Mahini A, Soffianian A, Jafari R, and Mohammadi J (2019) Spatio-temporal monitoring of meteorological drought based on the zoning of station clusters. *Watershed Engineering and Management* 10(4):739-760 (In Persian)
- Mishra AK and Singh VP (2010) A review of drought concepts. *Journal of Hydrology* 391 (1-2): 202-216
- Molle F, Hoogesteger J, and Mamanpoush A (2008) Macro- and micro-level impacts of droughts: The case of the Zayandeh Rud river basin, Iran. *Irrigation and Drainage* 57(2):219-227
- Moradi Y, Said MABM, and Abustan IB (2011) Drought impacts and vulnerability in Isfahan province. *World Academy of Science, Engineering, and Technology* 74(October):740-749 .
- Mousavi M (2019) Developing a hydro climatological drought crisis assessment model (Case study: the Zayandehrood river basin). Ph.D. Thesis, Imam Khomeini International University (In Persian)
- Mousavi S and Shokoohi A. (2019) Effects of Kernel functions on SPEI and drought characteristics (Case study: Zayandeh Roud Basin). *Iran-Water Resources Research* 15(2):162-175 (In Persian)
- Musolino D, De Carli A, and Massarutto A (2017) Evaluation of the socioeconomic impacts of the drought events: The case of the Po river basin. *European Countryside* 9(1):163-176
- Motevali Bashi Naeni E, Abedi Koupai J, and Akhoond-Ali AM (2020) Returning Periods of drought and climate change in the Zayandeh Rud River Basin. In *Standing up to Climate Change* (pp. 107-139), Springer, Cham
- ESRI FAQ (2016) What is the Jenks Optimization method. Available at: <https://support.esri.com/en/technical-article/000006743>
- Faramarzi M (2014) Hydrological modelling of Zayandeh Rud River Basin (Final Report). The Isfahan University of Technology, Department of Natural Resources, 98p
- Fathi E (2014) The impact of water shortage on agriculture (Agronomy and Horticulture) in Lenjan township. Ph.D. Thesis, the University of Isfahan (In Persian)
- Ghiasvand A and Abolshad F (2016) The concept and measurement of economic resilience. *Journal of Economic Research* 15(59): 161-187 (In Persian)
- Golkarami A and Kaviani rad M (2017) The effect of limited water resources on hydropolitic tensions (Case Study: Iran's Central Catchment with Emphasis on Zayandehrood Basin). *Geography and Environmental Planning* 28(1):113-134 (In Persian)
- Guha-Sapir D, Hoyois P, Wallemacq P, and Below R (2016) Annual disaster statistical review 2016: The numbers and trends. *Annual Disaster Statistical Review 2016: The Numbers and Trends*. Brussels. Available at: https://www.emdat.be/sites/default/files/adsr_2016.pdf
- Gunders on LH and Holling CS (2112) *Panarchy: Understanding transformations in human and natural systems*. Island Press, Washington, D.C., USA
- Hoseini Abari SH (2001) Zayandehrud and Esfahan. *Farhang Esfahan* 21:14-21 (In Persian)
- Isfahan Met. Organization (2016) Isfahan climatology index. 32 pages (In Persian)
- Jenks GF (1967) The data model concept in statistical mapping. *International Yearbook of Cartography* 7:186-190
- Kok TJ and Jäger J (2013) Archetypical patterns of vulnerability to environmental change: An approach to bridging scales. *Lessons learned from UNEP's Fourth Global Environment Outlook In: Measuring Vulnerability to Natural Hazards: Towards Disaster Resilient Societies* (second edition). Edited by Birkmann, *JournL of United Nations University Press, Tokyo, Japan, part 2, 148-163*
- WikiGIS (2020) Jenks optimization. Available at http://wiki.gis.com/wiki/index.php/Jenks_optimization
- Jenkins KL (2011) Modelling the economic and social consequences of drought under future projections of climate change. The University of Cambridge, Available at: https://www.researchgate.net/publication/266000831_Modelling_the_Economic_

- UNISDR-CRED (2019) 2018: Extreme weather events affected 60 million people. Brussels, Available at: <https://www.cred.be/sites/default/files/Review2018.pdf>
- Heidari Sareban V and Majnoui Toutakhaneh A (2017) The role of livelihood diversity on the resilience of rural households living around the Lake Urmia against drought. *Journal of Spatial Analysis Environmental Hazards* 3(4):49-70
- Van Lanen HAJ, Laaha G, Kingston DG, Gauster T, Ionita M, Vidal JP, Vinas R, Tallaksen LM, Stahl K, Hannaford J, ... Van Loon AF (2016) Hydrology needed to manage droughts: The 2015 European case. *Hydrological Processes* 30(17):3097–3104
- Van Loon AF (2013) On the propagation of drought: How climate and catchment characteristics influence hydrological drought development and recovery. Ph.D. Thesis, Wageningen University
- Varesi H, Beikmohammadi H, and Ghanbari S (2010) Comparisson of economical damages of agricultural drought in Naein city with other townships in Isfahan (for 1999-2003 years). *Geography and Environmental Planning* 21(3):21–44 (In Persian)
- Varley I (2011) Resource vulnerability assessment and strategies for management options for the eastern shore of Virginia and Fisherman Island national wildlife refuges. NatureServe. Arlington, Virginia
- Wang P, Qiao W, Wang Y, Cao S and Zhang Y (2020) Urban drought vulnerability assessment- A framework to integrate socio- economic, physical, and policy index in a vulnerability contribution analysis. *Sustainable Cities and Society* 54:102004
- Wilhite DA (2017) Drought management and policy: Changing the paradigm from crisis to risk management. *European Water* 60:181–187
- Wilhite DA and Glantz MH (1985) Understanding the drought phenomenon: The role of definitions. *Water International* 10(3):111–120
- Yousefi A, Amini A-M, Yadegari A, and Fathi O (2017) Sustainability of Zayande-Rood's water governance regimes in the course of development. *Journal of interdisciplinary Studies in the Humanities* 9(4):23–48 (In Persian)
- Zayandab Consulting Engineers (2009) Water demand and supply in Zayandehrud Basin. Isfahan Water Company, Isfahan, Iran (In Persian)
- Zhao M, Huang S, Huang Q, Wang H, and Leng G (2019) Assessing socio-economic drought evolution characteristics and their possible meteorological driving force. *Geomatics, Natural Hazards, and Risk, Taylor & Francis* 10(1):1084–1101
- NDMC (2020) Types of drought. Available at: <https://drought.unl.edu/Education/DroughtIn-depth/TypesofDrought.aspx>
- Peter B, Yusa A, and Bizikova L (2019) Vulnerability to the health impacts of drought in Canada in the context of climate change. In the *Oxford Handbook of Planning for Climate Change Hazards*, edited by W. Tad Pfeffer, Joel B. Smith, and Kristie L. Ebi
- Plate EJ (2006) A human security index. In: *Measuring Vulnerability to Natural Hazards: Towards Disaster Resilient Societies*, edited by Birkmann, Journal of United Nations University Press, Tokyo, Japan, part 1, 246-265
- Rahimi D and Mohammadi Z (2017) Assessing the hydrological drought of Zayande Rood Basin. *Geographical Planning of Space* 7(25):221–233 (In Persian)
- Safari B (2015) Economic and social vulnerability assessment of farmers against drought. University of Mazandaran (In Persian)
- Sarkodie SA and Strezov V (2019) Science of the total environment economic, social and governance adaptation readiness for mitigation of climate change vulnerability: Evidence from 192 countries. *Science of the Total Environment*, Elsevier B.V. 656:150–164
- Sarvari H, Rakhshanifar M, Tamošaitiene J, Chan DWM, and Beer M (2019) A risk based approach to evaluating the impacts of Zayanderood drought on sustainable development indicators of riverside Urban in Isfahan-Iran. *Sustainability (Switzerland)* 11(23):1–20
- Smakhtin VU (2001) Low flow hydrology: A Review. *Journal of Hydrology* 240:147–186
- Shi H, Chen J, Wang K, and Niu J (2018) A new method and a new index for identifying socioeconomic drought events under climate change: A case study of the East River basin in China. *Science of the Total Environment*, Elsevier B.V. 617:363–375
- Törnros T and Menzel L (2014) Addressing drought conditions under current and future climates in the Jordan River region. *Hydrology and Earth System Sciences* 18(1):305–318
- Tsakiris G, Pangalou D, Tigkas D, and Vangelis H (2007) Assessing the areal extent of drought. *Water resources management: New approaches and technologies*. European Water Resources Association, Chania Crete-Greece 1416
- UNISDR (2009) Drought risk reduction framework and practices: Contributing to the implementation of the hyogo framework for action. UNISDR, Geneva, Switzerland